



קידוחים לחיפוש נפט בדרום רמת הגולן -

חוות דעת מקצועית

מוגשת על ידי חוקרי המעבדה לחקר הכנרת,

חקר ימים ואגמים לישראל

דוח חיא"ל T12/2014

מחברים:

ד"ר אלון רימר, הידרולוג ולימנולוג

ד"ר איליה אוסטרובסקי, לימנולוג

ד"ר פלג אסטרון, כימאי אורגני

ד"ר ורנר אקרט, מיקרוביולוג וגיאו-אקולוג

ד"ר ירון בארי שליון, גיאוכימאי

ד"ר גדעון גל, מודלים אקולוגיים

ד"ר אורה הדס, מיקרוביולוגית ולימנולוגית

ד"ר יוסף יעקבי, לימנולוג

ד"ר עמינדב נשרי, גיאוכימאי ולימנולוג

ד"ר אסף סוקניק, מיקרוביולוג אקוטי ולימנולוג

ד"ר תמר זהרי אלגולוגית ולימנולוגית

יוני 2014

1. הקדמה

מטרת חוות דעת זו הנה להציג מה הם הסיכונים האפשריים לאיכות מי הכנרת כמקור מי שתיה כתוצאה מקידוחים לחיפוש והפקת נפט בדרום רמת הגולן; להציג את התנאים ההידרולוגיים באזור המוצע לקידוחים אלו; לבדוק את ההשפעה האפשרית של פעילות זו על זיהום מי תהום ומי נגר עילי שזורמים לכנרת; ולבחון את המהות של הדיון בנזקים הסביבתיים, שמתמקד כיום בקידוחי הניסיון בלבד. למרות שבעת הזו מדובר אך ורק בקידוחי ניסיון, חוות דעת זו עוסקת גם בסיכונים הקיימים בפיתוח שדות הפקת נפט באגן הכנרת ומתייחסת לשיטת ההפקה הפוטנציאלית במידה וימצא נפט בכמות מסחרית ויחולט על הפקתו. חוות הדעת מתבססת על ידע והבנה של המערכות ההידרולוגיות של אתר המטרה ושל המערכת הלימנולוגית של הכנרת, ועל מידע מעודכן הקיים בספרות המקצועית. חוות הדעת סוקרת את הסיכונים הפוטנציאלים למערכות מים עיליים ולמי תהום כתוצאה מפעילות של חיפוש נפט והפקתו, כאשר יש סבירות גבוהה שההפקה תתבצע בטכנולוגיות לא קונבנציונליות כולל סידוק והמרצה (fracking).

עד קידוחי חיפושי הנפט בגולן הוא משאב שעונה להגדרה "tight oil" (אתר האינטרנט של חברת Genie, חברת האם של אפק נפט וגז בע"מ), נפט שכלוא בתוך הסלעים, שאינו ניתן לשאיבה רגילה ללא התערבות טכנולוגיה של סידוק הסלעים (fracking). טכנולוגיה זו משלבת שימוש בכימיקלים, בחומצות, ובסידוק מלאכותי ע"י יצירת לחצים גבוהים בתת הקרקע על מנת לאפשר זרימה טובה יותר של גז ו/או נפט בסלע. בשנים האחרונות, שכלול הטכנולוגיות של קידוחים אופקיים, מאפשר את הניצול של מרבצי הנפט האלה. בנוסף, המחירים הגבוהים של הנפט תורמים לכדאיות של פיתוח התעשייה הזו בארה"ב ובאזורים נוספים בעולם. לכן, ניתן להניח שעם מציאת פוטנציאל להפקת כמות נפט מסחרית בקידוחי הניסיון הראשוניים, תהיה דרישה של היזמים לאשר שימוש בטכנולוגיות לא קונבנציונליות אלה בגולן, כולל סידוק והמרצה. להפקת גז ונפט ע"י שימוש בטכנולוגיות fracking משמעויות קשות של זיהום מקורות מים טבעיים (Vengosh et al, 2014, et al Vidic, 2013), על אחת כמה וכמה כאשר מדובר ביישום השיטות במרחק שבין 1-15 ק"מ במעלה אגן ההיקוות של האגם היחיד במדינת ישראל. הסיבות להנחה שיתקיים שימוש בטכנולוגיות פראקינג הן: (1) שכבת המטרה היא בסבירות גבוהה tight oil שממנה לא ניתן להפיק נפט בשיטות קונבנציונליות. (2) כבר בשלב קידוחי הניסיון מוצהר שיבוצעו קידוחי הפקה נסיונית תוך שימוש בחומרים המשמשים בטכנולוגיות פראקינג. (3) שיחה אישית עם אנשי המקצוע של חברת אפק הבהירה שאכן מדובר בטכנולוגיה זו.

המסמך הסביבתי שהוגש עם הבקשה להיתר חיפוש נפט (גיאופרוספקט 2013), כמו גם רשויות המדינה, עוסקים לפי שעה אך ורק בקידוחי הניסיון. ניתן לדמות אסטרטגיה זו לדיון מעמיק בהשפעות הסביבתיות של הקמת רפת, העוסק אך ורק במפגעים (הזניחים) של יציקות הבטון והקמת הסככות, תוך התעלמות מוחלטת מהעובדה שלאחר שלב הבנייה יוכנסו לרפת (כמה מפתיע...) גם פרות, אשר להן פוטנציאל לזיהום סביבתי גדול פי כמה. לפי מיטב הבנתנו יש להפוך את סדר

הדברים – אם יוכרז מלכתחילה שבאזור פגיעות א'1 שבתמ"א 34 ב'4 נאסרת כל פעילות שמהותה הפקת נפט בשיטות לא קונבנציונליות מחשש לזיהום הכנרת, ממילא הלחצים לביצוע קידוחי החיפוש יקטנו. לפיכך חוות הדעת הנוכחית עוסקת במכלול ההיבטים והמשמעויות של איתור והפקת נפט על איכות מי הכנרת ופוטנציאל הפגיעה במערכת האקולוגית והלימנולוגית של האגם.

2. הידרוגיאולוגיה ומי תהום

על פי מאזני חום, מים ומלח שנתיים שמפרסמת חב' מקורות הספיקה השנתית הכוללת של מי תהום לכנרת מסתכמת בכ- 60 עד 100 מ למ"ק) לשנה, ומאקוויפר הבזלת שבדרום רמת הגולן (Dafny et al. 2003) מגיע חלק מכמות זו. אקוויפר הבזלת של רמת הגולן מתנקז מאזור בקעת בית צידה הן דרך נביעה ישירה לכנרת, ובעיקר דרך מעיינות שמתנקזים לנחלים משושים, יהודיה ודליות, ומשם לכנרת. במעלה האקוויפר הזה, בצפון מזרח הכנרת מתוכננים 6 מקידוחי החיפוש (מספר 7, 8, 10, 11, 14, 15; אזור המשנה הצפון מערבי לפי גיאופרוספקט 2013), שמיועדים לחצות בדרכם אקוויפר מים שפירים מעולים בעובי של כ- 200-300 מ' ובמוליכות הידראולית של 300-500 מ' לשנה. הגרדיאנט ההידראולי המשוער באזור זה (Dafny et al. 2003) הוא כ- 0.033 מ'מ' לכיוון הכנרת, ומכאן שהשטף הנקודתי הוא כ- 10 עד 16 מ' לשנה ומהירות הזרימה כמי תהום הוא כ- 100 עד 160 מ' לשנה. מי אקוויפר הבזלת מתנקזים דרך מספר רב של מעיינות בערוצי נחלים שזורמים לכנרת. מנקודת הנביעה מהירות זרימתם ע"פ השטח עשויה להגיע לכמה קילומטרים ביום. לפיכך לא ניתן באמת להעריך פרק זמן שבו עלולים מים מזוהמים להגיע לכנרת, מה גם שהקידוחים המוצעים מפוזרים בטווחים של 1 עד 15 ק"מ מהאגם. מרבית קידוחי החיפוש האחרים מצויים אף הם בתחום אזור פגיעות א'1 (דרגת פגיעות גבוהה ביותר המיוחסת לאגן הכנרת) לפי מפת אזורי פגיעות מי התהום, אשר כלולה בתמ"א 34 ב'4. בהוראות התמ"א קיימים תנאים להפקת תכנית בתחום אזור א'1, המאפשרת פעילות העלולה לזהם את מי התהום, לרבות אחסון, טיפול, בדלקים וחומרים אחרים, שעלולים לחלחל למי התהום ולסכן את איכותם. בדרך כלל תכניות פעילות על פני הקרקע שכוללות שימוש בדלקים ובחומרים מסוכנים (למשל תחנות דלק), המוגשות לאישור הרשויות בתחום אזור א'1, נדרשות לתנאים מחמירים ביותר וזאת על מנת להגן על מי התהום. על אחת כמה וכמה נכון לנהוג כך כאשר נשקלת פעילות שמהותה החדרה ישירה של חומרים מסוכנים לתת-הקרקע, שיש לה פוטנציאל זיהום גבוה של מי התהום והכנרת.

המשטר ההידרו-גיאולוגי של השכבות העמוקות בדרום רמת הגולן, דהיינו זה של הסנון, חבורת יהודה והיורה, איננו ידוע כל צרכו. כיווני הזרימה או העומד ההידראולי בשכבות אלו מוערכים כיום בעיקר ע"י ספקולציות ומודלים, המבוססים על מדדים לא ישירים כגון אנומליות טרמליות באזור (Gvirtzman et al., 1997). חוסר ידע זה מקשה, אם לא מונע, ניתוח רציונלי של ההשפעות האפשריות של הקידוחים על הזרימות לכנרת. למשל איננו יודעים כיום להסביר מהו מקור המגנזיום המומס במי הכנרת (שמצוי בריכוזים יחסית גבוהים של כ-1.5 מילימולר) אלא לטעון טענה כללית בלבד (Katz and Nishri, 2013), שמקורו כנראה בזרימות מי תהום ממזרח לאגם. כמו כן, תפרוסת

ריכוזי הכלורידים בעין גופרה כמו גם בנביעות ומי תהום סביב עין גב והאון (3000-20000 mg/l), מים שפירים אל תוך הכנרת. למרות שמקור המים השפירים אינו ברור ואף אין הערכה טובה לגבי עצמת שטפים אלו, הרי שעצם התהליך מחייב מקור עמוק של מים שפירים אשר פוטנציאלית עשוי להיות קשור לאקוויפרים העמוקים של דרום הגולן בתוך (סנון) ומתחת (חבורת יהודה/יורה) לשכבת המטרה של קידוחי הנפט. למרות החסרים הברורים בידע לגבי מי התהום ממזרח לכנרת הרי שלא ניתן להתעלם מכך שהם נובעים בסופו של דבר ישירות אל האגם.

במסמך הסביבתי של גיאופרוספקט (2013) מוזכרים גם קידוחי מוחיבה ששואבים מאקוויפר חבורת יהודה (מתחת לשכבת המטרה של קידוחי הנפט). קידוחים אלה מהווים מקור מים חיוני וגדול של צפון ממלכת ירדן (25 מ"מ"ק לשנה, 2008 Ayadi). כיווני הזרימה באקוויפר זה אינם ידועים בוודאות, וישנה אפשרות שהוצאה לפועל של הפקת נפט בדרום רמת הגולן תגרום בטווח הארוך לזיהום בארות מוחיבה בזרימה מצפון לדרום.

3. זרימת נגר עלי

המסמך הסביבתי של גיאופרוספקט (2013) בוחן את פוטנציאל ההשפעות הסביבתיות מאתרי קידוחי הניסיון המתוכננים בהנחה ש"טווח השפעותיהם קבוע בממד הזמן והמקום" (מבוא, עמוד 1). דווקא בפרויקט מסוג זה, שבו מתוארים אתרי קידוחי הניסיון כאתרים ש"גודלם מזערי ומשכם קצר", היה מקום לבחון את התנאים הסביבתיים העונתיים המתאימים ביותר לביצוע הקידוחים על מנת למזער את השפעתם הסביבתית. המשתנה המהותי ביותר מבחינה זו הוא הבנת מנגנון ההיווצרות של נגר עלי והעשרת מי תהום בדרום רמת הגולן, וזיהוי מועד פוטנציאל הזיהום המרבי. בדרך כלל, כאשר מחשבים את התפתחות רטיבות שכבת פני הקרקע בתנאים האקלימיים וסוג הקרקע בצפון הארץ, מגיעים לתוצאה אופיינית שבה הן זרימת הנגר העל קרקעי והן העשרה מסיבית של מי תהום מתחילים רק כאשר כמות המשקעים העונתית מתקרבת ל- 300 מ"מ (תופעה זו הודגמה היטב ע"י א. בן-צבי מהשירות ההידרולוגי (1992), Rimmer and Salingar (2006); ו- Samuels et al. (2009)). ניתן להראות באופן ברור כי היא אופיינית גם לנחלי רמת הגולן, שבהם שיעור הנגר העלי מתעצם בשני סדרי גודל (פי 100) אחרי שכמות המשקעים השנתית הגיעה לכ- 300 מילימטר גשם. אם נתייחס כאן לנקודה מס. 2 שהועלתה ע"י Vengosh et al. (2014, בהמשך), ברור כי הפוטנציאל לזיהום הנחלים והכנרת מקידוחי הניסיון, גדל במידה ניכרת כאשר הפעילות מתבצעת באמצע החורף, בהשוואה לפעילות דומה בקיץ, באביב ובסתיו. בנספח הניקוז של גיאופרוספקט (2013) מוצע כי "הנגר מאזור הקידוח ייאסף אל בור אטום בקצה אזור הקידוח ויפונה מהאתר באמצעות שאיבה והובלה לאתר סילוק מוסדר". הפתרון המוצע מצמצם את ההשפעה הסביבתית האפשרית של הקידוחים, אך ניתן לצמצם אותה אף יותר אם תוגבל לעונות שבהן הזרימה בדרום רמת הגולן קטנה מאד.

מאליו מובן שהזיהום הפוטנציאלי של הכנרת בזמן הפקת נפט מקידוחי הפקה הוא לעין שיעור גדול יותר מזה של קידוחי הניסיון.

4. סיכונים לסביבה ולאיכות מי הכנרת והנחלים הזורמים אליה

בעוד הסיכון הסביבתי המידי, מביצוע קידוחי הניסיון בדרום הגולן, לאיכות מי הכנרת והנחלים הזורמים אליה הוא קטן, חשוב שבעת הזו יוצפו בעיות עתידיות הקשורות להפקת הנפט במידה ותמצא כמות מסחרית. במאמרים של Vengosh et al (2014) ושל Vidic et al (2013) ניתנת סקירת ספרות ביקורתית על פוטנציאל הסיכונים לאיכות משאבי מים שמקורם בפעילות הפקת נפט או גז הכלואים קרוב אל, או בתוך שכבת המקור (Shale gas) לאחר סידוק הסלע (fracking). הסקירה מבוססת בעיקר על מחקרים מארצות הברית. המחברים מציינים באופן כללי ארבעה סיכונים הפוטנציאליים למשאבי מים:

(1) זיהום של אקוויפרים רדודים ב"גז תועה", שעלול גם להוביל להמלחת מי תהום רדודים דרך דליפת בארות גז טבעי וזרימה תת קרקעית; ככל שהקידוח קרוב יותר למקור מים, כך גדל הסיכוי לכך שגז (בעיקר מתאן) יגיע למקור המים. Howarth et al. (2011) הראו שכ - 75% מבארות המים שנקדחו במרחק של עד 1 ק"מ מקידוחי פראקינג לגז ונפט בפנסילבניה היו מזוהמים במתאן שמקורו בשכבות המטרה (פצלים).

(2) זיהום של מים עיליים ואקוויפרים של מי תהום רדודים מדליפות, נזילות, או שפיכה של שפכי קידוחי Shale gas שלא טופלו כהלכה;

(3) ההצטברות של יסודות רעילים ורדיואקטיביים בקרקע או במשקעי נחלים שנמצאים בקרבת אתרי סילוק ושפיכת פסולת קידוח. בשנת 2010 נהר קלמאזו, מישיגן, ארה"ב נסגר עקב דליפה של מאות אלפי גאלונים נפט גולמי. חלקים ממנו נפתחו לאחר יותר מ 4 שנים של ניקוי אך להערכת מומחים קרקעית הנהר (סדימנט) מכילה עדיין מאות אלפי גאלונים של תוצרי נפט זה (US Agency 2014; Hall 2011).

(4) שאיבת נפח גדול של מים לצרכי סידוק הסלע עלולה לגרום לגריעת מים ו\או קונפליקטים עם משתמשים אחרים במים, בעיקר באזורים דלי משקעים. כמות המים הנדרשת לקידוח הפקה בודד נעה בין 8,000 ל- 40,000 קוב (2013 Earthworks). כמויות המים השנתית שנדרשה לתעשייה זו בשדות נפט שונים בטקסס (2012 Nicot and Scanion) הייתה אמנם פחות מ-1% מנפח שאיבת המים השנתי, אבל באזורים דלי משקעים התחרות על משאבי המים הזמינים היתה משמעותית.

להלן נקודות שלדעתנו דורשות התייחסות:

- מאגרי נפט בדרך כלל מלווים במאגרי גז. על כן יש להתייחס לקידוחי הניסיון של חברת אפק המכוונים לאיתור נפט נזלי כאלו שגם בשלב ראשוני זה של מחקר עשויים להיתקל

במאגרי גז ולסכן מי תהום כאמור בסעיף (1) לעיל. סכנות אלו רק יתגברו עם הפעלת hydraulic fracturing בשלב ההפקה (הרחבה בנושא זה בהמשך המסמך).

- המים שישמשו לקידוחי נפט יגרעו מהגולן ומהכנרת.
- ליטר אחד של נפט הופך מליטר מים לבלתי ראויים לשתייה. כלומר קוב נפט אחד הופך מלמ"ק מים לבלתי ראויים לשתייה, וזאת בגלל רעילות ההידרוקרבוניום, בעיקר ההידרוקרבוניום הארומטיים שהם מרכיב עיקרי בנפט גולמי.
- נפט ותוצריו רעילים לכל האורגניזמים האקוויטיים, כולל צומח חופי, יונקים, ציפורי מים, דגים, חסרי חוליות, ומיקרואורגניזמים. לא רק שהוא פוגע בכך שהוא מצפה את היצורים בשכבה אטומה אלא שהוא גם טוקסי. החומרים הרעילים עוברים עם מארג המזון ומצטברים ביצורים שברגות הטרופיות הגבוהות: דגים וציפורים (2010 Nomack).
- הנפט ותוצריו נוטה להצטבר בסדימנטים ולכן הפלורה והפאונה של הבנתוס נתונים במיוחד להשפעות שליליות של זיהום נפט (1986 Teal and Howarth). הנפט מצפה צמחים ובכך נפגעים גם היצורים שחיים בסביבת הצומח או ניזונים ממנו (2010 Nomack).
- מספר החומרים המשמשים לפראקינג הינו רב וביניהם חומרים רבים המהווים סכנת הרעלה מידית עקב חדירה לגוף או שאיפה שלהם. אמנם כימיקלים אלו מהווים רק כ-0.5-2% מנפח הנוזל המוחדר לבאר הקידוח, אך עקב כמויות המים הגדולות מדובר בעשרות עד מאות טונות של כימיקלים לקידוח. תעשיית קידוחי הנפט תצריך הובלת חומרים מסוכנים סביב הכנרת ובקרבת הנחלים הזורמים אליה. נכון להיום, יש איסור על משאיות להסיע חומרים רעילים ומזהמים בכביש סובב כנרת, וזאת כדי למזער את הסכנה של זליגת חומרים אלו לכנרת. זהו איסור חשוב שיש לשמר אותו. בטבלה שהופיעה בתכנית האב לאגן ההיקוות של הכנרת משנת 1975 הוגדרה בפירוט קטגוריה ה' עבור "תעשיות שלא תותר הקמתן" בתחום אגן ההיקוות, ובהן "חומצת מלח, חומצה חנקנית, חומצה זרחנית,, מוצרי גומי, זיקוק נפט, תשלובת כימית" וחומרים רבים נוספים. הטבלה שולבה בתוספת מס' 3 לתכנית המתאר המחוזית למחוז הצפון, ת/מ/מ/2 תוספת רמת הגולן ג/5472.
- בטבלה 1 מוצגים ערכי סף למספר חומרים שיעשה בהם שימוש בקידוחי הניסיון והם מוצהרים ע"י חברת אפק כבלתי מזיקים (גיאופרוספקט 2013). הנתונים בטבלה 1 פורסמו ע"י ארגון ההגנה על הסביבה האמריקאי- EPA (US agency) והינם המדד המקובל בארה"ב ומצוטט ע"י מחקרים רבים בכל העולם.
- בבוא הזמן יהיה על הרשויות לשקול בכובד ראש מתן היתרים לשימוש בכל חומר וחומר, תוך התחשבות בכמות הנדרשת ובסיכונים הסביבתיים. אין להסתמך על מקורות לא מהימנים או על דיווחי יצרן בלבד, אלא לבצע סקר מקדים לאישור כל חומר הנדרש ע"י החברה ולקיים הגבלות במקרה הצורך. יש לציין כי חלק מהחומרים המדווחים ע"י החברה בהחלט אינם מסוכנים.

טבלה 1. ערכי הסף ביח' מג' לק"ג ליום, לפי קריטריונים של $NOEL^1$, $LOAEL^2$ ו- RFD^3 של מספר חומרים מייצגים המדווחים על ידי חב' אפק שבהם יהיה שימוש והם מוגדרים כבלתי מזיקים.

שם החומר	$NOEL^1$	$LOAEL^2$	RFD^3
propargyl alcohol	5	15	0.002
methyl alcohol		500	2
aluminum silicate			Still under investigation, reported as carcinogenic by inhalation in concentrations as low as 10 mg m^{-3}
barium sulfate (barium compounds in drinking water)	0.21		0.07
ethylene glycol mono-butyl ether (in drinking water)	25	77	0.1

$NOEL^1$ = no-observed-adverse-effect level זהו הריכוז הגבוה ביותר שנוסה (על בע"ח) ודווח, בו אין השפעה.
 $LOAEL^2$ = Lowest-observed-adverse-effect level זהו הריכוז הנמוך ביותר שנוסה (על בע"ח) ודווח, בו קיימת השפעה טוקסית.
 RFD^3 = reference dose זהו הריכוז בו מוערך כי אין לחומר השפעה טוקסית על בני אדם, ערך זה הינו בעל מקדם ביטחון המשוערך ע"י EPA לפי תוצאות מחקרים.

5. נפט בכנרת

סביר שלא ניתן יהיה למנוע באופן מוחלט זליגה של הידרוקרבונים וחומרים מסוכנים אחרים מתהליך הפראקינג אל מי התהום ומשם אל דרכי המים והנחלים הזורמים לכנרת.

- נפט גולמי שיזלוג לכנרת יצוף ברובו על פני המים, יוסע על ידי הרוחות המערביות לחופים המזרחיים של האגם, חלקו יגיע לחופים, יזהם אותם ויפגע בחי ובצומח שעליהם. חלק מהנפט יוסע עם הזרמים הדומיננטיים בכנרת. נפט שיכנס לכנרת באזור הבטיחה יוסע עם ה"גירה" הצפונית לאורך החופים הצפוניים של הכנרת ועלול להגיע במהירות לראש היניקה של המוביל הארצי. כדי להגיע לתיאור מפורט ומבוסס יותר של התפרסות כתם של נפט שיגיע לכנרת יש להריץ מודל הידרודינמי תלת ממדי.
- עם הזמן, סביר שחיידקים מפרקי נפט יפרקו את שאריות הנפט במים וסביר שתוך שבועות הזיהום כתוצאה מאירוע זליגה יחיד אמור להיעלם. מקובל שחיידקים מפרקי נפט נמצאים בכל מקום בעולם אבל תופעת פירוק הידרוקרבונים על ידי חיידקים לא נחקרה בכנרת עד כה, לא ידוע עד כמה הם נפוצים, ומה קצבי הפירוק על ידם. ידוע ממקומות אחרים בעולם שפירוק על ידי חיידקים אינו מהיר מספיק כדי למנוע אסונות אקולוגיים באירועים של זיהום נפט. קצבי הפירוק תלויים בהרכב הכימי והריכוז של הנפט או הידרוקרבון. פיזור במרחב (dispersion) והחלבה (emulsification) מזרזים את התהליך, והוא מהיר יותר בתנאים אירוביים, בריכוזי נוטריאנטים גבוהים ובטמפ' גבוהות (Leahy & Colwell 1990).

6. פערי ידע ומחקר נדרש

במקומות רבים בעולם, כולל ארה"ב, הפקת הרישיונות לקידוחים בשיטת הפראקינג קדמה לאיסוף הידע הנדרש לגבי ההשפעות הסביבתיות. Mooney (2011) מציג זאת כטעות חמורה. לדעתנו חשוב שנלמד מניסיונם של אחרים ולא נחזור על אותה טעות. להבנתנו, פערי הידע העיקריים כיום באשר להשפעות אפשריות של קידוחי נפט ברמת הגולן על הכנרת הם בתחומים הבאים:

- מעט מאד אם בכלל ידוע היום על הקשר בין מי תהום במזרח הכנרת לאקוויפרים עמוקים של דרום רמת הגולן כמו גם גודל השטפים של מים מתוקים אלו ומכאן השפעה של זיהום (נפט, גז או חומרים אשר ישמשו ב fracking בעתיד) על מים הזורמים לכנרת ממזרח. חוקרי המעבדה לחקר הכנרת שוקדים כבר היום על פיתוח מחקר הנוגע לשאלות אלו על ידי בחינת מגוון סמנים גיאוכימיים של מי התהום במזרח הכנרת, אבל שלב סיכום המחקר והסקת מסקנות עוד רחוק.
- יש לבדוק באמצעות מודלים הידרודינמיים תלת מימדיים תרחישים של פיזור וקצבי התפשטות נפט ותוצריו שיגיעו לכנרת.
- יש לבצע ניסויים של החדרת כימיקלים שמשמשים כסמנים לבארות קידוח כדי לבדוק אם יופיעו בכנרת ובמקורות המים שלה, היכן, ותוך כמה זמן.
- יש ללמוד את קצבי סילוק תרכובות הידרוקרבוניות מהמים באמצעות חיידקים מפרקי נפט בתנאי כנרת וכיצד ניתן לזרז את התהליך.
- יש לברר את ההשפעות של מזהמים ממקור הידרוקרבוני על הביוטה של הכנרת: אצות, חיידקים, זואופלנקטון, דגים, חסרי חוליות בליטורל, צומח חופי, ועל הצטברותם במעלה מארג המזון, עד לריכוזים טוקסיים.
- יש לברר את רמת הרעילות לאורגניזמים בכנרת (וכמובן גם לאדם) של כל אחד מהכימיקלים השונים בהם ייעשה שימוש בתהליך הפראקינג.

7. המלצות

(1) בגלל חשיבותה של הכנרת יש לוודא שהערכת הסיכונים, איסוף הידע הנדרש וצמצום פערי הידע יבוצעו לפני תחילת קידוחי הניסיון ורק אחר כך יתקבלו החלטות לגבי קידוחי ניסיון והפקה.

(2) אזור פגיעות א'1 (דרגת פגיעות הגבוהה ביותר המיוחסת לאזור אגן ההיקוות של הכנרת) נקבע על פי שיקולים הידרולוגיים, ככזה שזיהום על פני הקרקע יגיע בסבירות גבוהה למי התהום ומשם לכנרת. לדעתנו יש להתייחס גם לתת-קרקע באזור זה באותה חומרה. לפיכך יש להחיל את המגבלות של אזור פגיעות א'1 גם על קידוחי חיפוש והפקת נפט.

מפגשים

- גיאופורוספקט 2013. רישיון 793 /"נס" – קידוחי ניסיון לחיפוש נפט ברמה"ג, מסמך סביבתי
- Ayadi Y H (2008). Policy and adaptation in the Jordan Valley. In *Managing Water Resources in a Time of Global Change: Contributions from the Rosenberg International Forum on Water Policy* (p. 146). Taylor & Francis.
- Dafny E, Burg A & Gvirtzman H (2006). Deduction of groundwater flow regime in a basaltic aquifer using geochemical and isotopic data: The Golan Heights, Israel case study. *Journal of Hydrology*, 330(3), 506-524.
- Earthworks 2013. Hydraulic fracturing 101
http://www.earthworksaction.org/issues/detail/hydraulic_fracturing_101#.U5HX0haywZY
- Gvirtzman H, Garven G, Gvirtzman G (1997). Thermal anomalies associated with forced and free ground-water convection in the Dead Sea rift valley. *GSA Bulletin*, 109(9), 1167–1176.
- Hall GJ 2011. Kalamazoo River Enbridge pipeline spill 2010. In: Dolhopt R, Durno M (eds). *International oil spill conference proceedings 1*: 422.
- Howarth RW, Ingraffea A, Engelder T (2011). Natural gas: Should fracking stop? *Nature* 477, 271-275.
- Katz A & Nishri A (2013). Calcium, magnesium and strontium cycling in stratified, hardwater lakes: Lake Kinneret (Sea of Galilee), Israel. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 105, 372–394.
- Leahy JG & Colwell RR (1990). Microbial degradation of hydrocarbons in the environment. *Microbiol. Molec. Biol. Rev.* 54: 305-315.
- Mooney C. (2011). The truth about fracking. *Scientific American* 305: 80-85
- Nicot J-P & Scanlon BR. (2012). Water use for shale gas production in Texas, US. *Environ. Sci. Technol.* 46, 3580-3586.
- Nomack M 2010 Environmental impacts of oil spills. *The Encyclopedia of the Earth*.
<http://www.eoearth.org/view/article/158443/>
- Rimmer A & Salinger Y (200). Modelling precipitation-stream flow processes in Karst basin: The case of the Jordan River sources, Israel. *Journal of Hydrology* 331 (3-4), 524-542.
- Samuels R, Rimmer A & Alpert P (2009). Effect of extreme rainfall events on the water resources of the Jordan River. *Journal of hydrology*, 375(3), 513-523.
- Simon E & Mero F (1992). The Salinization mechanism of Lake Kinneret. *Journal of Hydrology*, 138, 327-343.
- Teal JM & Howarth RW (1984). Oil spill studies: a review of ecological effects. *Environmental Management* 8(1): 27-43.
- US agency Environmental protection ECOTOX [online] <http://Cfpug.epa.gov/ecotox/>.
- US agency Environmental protection 2014. EPA's response to the Enbridge oil spill [online] [online] <http://epa.gov/enbridgespill/>.
- Vengosh A, Jackson RB, Warner N, Darrah TH & Kondash A (2014). A critical review of the risks to water resources from unconventional shale gas development and hydraulic fracturing in the United States. *Environmental Science & Technology*. DOI: 10.1021/es405118y.
- Vidic RD, Brantley SL, Vandenbossche JM, Yoxtheimer D & Abad JD (2013) Impact of shale gas development on regional water quality. *Science* 340(61134):